

Министерство образования и науки, молодежи и спорта Украины
Харьковская национальная академия городского хозяйства

Методические указания

к выполнению практических занятий и
расчетно-графических работ по дисциплине

«Основы механики грунтов»

(для студентов 3 курса дневной и заочной форм обучения
образовательно-квалификационного уровня бакалавр направления
подготовки 6.060101 “Строительство”)

Харьков – ХНАГХ – 2011

Методические указания к выполнению практических занятий и расчетно-графических работ по дисциплине «Основы механики грунтов» (для студентов 3 курса дневной и заочной форм обучения образовательно-квалификационного уровня бакалавр направления подготовки 6.060101) «Строительство») / Харьк. нац. акад. гор. хоз-ва; состав.: А. Г. Рудь. – Х.: ХНАГХ, 2011 – 19 с.

Составитель: А. Г. Рудь

Рецензент: к.т.н., доц. Т. В. Мишурова

Рекомендовано кафедрой механики грунтов, фундаментов и инженерной геологии, протокол № 2 от 3.10.2011 г.

Содержание

1.	Общие сведения	4
2.	Практические занятия.	5
2.1.	Тематический план практических занятий	5
3.	Расчетно- графическая работа	6
3.1.	Определение величины и направления действия главных напряжений в заданной точке грунтового массива от действия полосообразной нагрузки	6
3.2.	Определение значений вертикального и горизонтального нормальных напряжений в заданной точке грунтового массива от действия полосообразной нагрузки.	8
3.3.	Определение значений вертикальных напряжений в грунте на заданной глубине под полосообразной нагрузкой и за ее пределами	8
	Приложение 1. Индивидуальные задания для выполнения РГР .	11
	Приложение 2. Пример расчета	12
	Список источников	18

1. Общие сведения

Методические указания составлены в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Основы механики грунтов» для студентов специальностей «Промышленное и гражданское строительство» и «Охрана труда в строительстве».

По учебному плану дисциплину «Основы механики грунтов» студенты обеих специальностей в одинаковом объеме изучают одновременно в 6-м семестре.

Практические занятия и расчетно-графическая работа позволяют закрепить лекционный материал и будут способствовать подготовке студентов к своей будущей практической и научной деятельности в области строительства.

Практические занятия составлены таким образом, чтобы пояснить и дополнить лекционный материал. Занятия проводятся под руководством преподавателя по восьми темам с текущим контролем знаний с помощью тестирования или проведения контрольных работ.

В расчетно-графической работе рассматриваются напряжения в грунте от действия полосообразных равномерно распределенных нагрузок. К таким нагрузкам, в частности, можно отнести давление, передаваемое на грунт ленточными фундаментами. Расчеты, в которых действует полосообразная нагрузка, выполняются в условиях плоской задачи.

Расчетно-графическая работа содержит три взаимосвязанных задачи:

- определение величины и направления действия главных напряжений σ_1 и σ_2 в заданной точке грунтового массива;
- определение значений вертикального σ_z и горизонтального σ_x напряжений в заданной точке;
- определение значений вертикальных напряжений σ_z на заданной глубине по линии I – I под полосообразной нагрузкой и за ее пределами.

Каждая задача при ее решении иллюстрируется расчетной схемой.

Свои индивидуальные задания студенты определяют по приложению 1 к расчетно-графической работе в зависимости от значения последней цифры шифра (номера зачетной книжки) и по первой букве своей фамилии.

Помимо расчетов и графических построений, работа должна иметь краткое введение и выписанное на отдельном листе индивидуальное задание.

Расчетно-графическая работа выполняется на бумаге формата А4. Титульный лист оформляется по общепринятому образцу.

В приложении 2 приведен пример расчета напряжений в грунте при действии полосообразной нагрузки.

К методическим указаниям прилагается список литературы, которым рекомендуется пользоваться при проведении практических занятий и выполнении расчетно-графической работы.

2. Практические занятия

Проведение занятий выполняется согласно тематическому плану.

2.1. Тематический план практических занятий

Тема 1. Определение физических характеристик глинистых и песчаных грунтов (влажность, границы пластичности, число пластичности, показатель текучести, удельные веса, коэффициент пористости, пористость, степень влажности).

Тема 2. Определение механических характеристик грунтов (коэффициент сжимаемости, модуль деформации, угол внутреннего трения, удельное сцепление).

Тема 3. Определение напряжений в грунтовом массиве от действия сосредоточенной нагрузки на его поверхности (напряжение в заданной точке грунтового массива от действия сосредоточенной силы и от действия

нескольких сосредоточенных сил на заданной глубине, эпюры сжимающих напряжений).

Тема 4. Определение напряжений в грунтовом массиве от действия распределенной нагрузки на его поверхности (напряжения вдоль осей Z , проходящих через точки m , расположенные в заданных местах площадки загрузки и за ее пределами).

Тема 5. Определение напряжений в грунтовом массиве от собственного веса грунта (напряжение в однослойном и слоистом залегании грунта выше и ниже уровня подземных вод).

Тема 6. Расчетное сопротивление грунта основания и определение размеров подошвы фундаментов на естественном основании (расчетное сопротивление в аналитической форме, табличное расчетное сопротивление, определение ширины подошвы ленточного и размеров подошвы отдельного фундаментов).

Тема 7. Проверка основания по подстилающему слою грунта (расчет физико-механических характеристик подстилающего слоя грунта, проверка прочности подстилающего слоя в основании ленточного и отдельного фундаментов).

Тема 8. Определение осадки основания (расчет осадки методом послойного суммирования и методом эквивалентного слоя грунта).

3. Расчетно-графическая работа

3.1. Определение величины и направления действия главных напряжений в заданной точке грунтового массива от действия полосообразной нагрузки

Величина главных напряжений σ_1 и σ_2 определяется на основе решений Мичелла с применением следующих уравнений

$$\sigma_1 = \frac{p}{\pi}(\alpha + \sin \alpha), \quad (1)$$

$$\sigma_2 = \frac{p}{\pi}(\alpha - \sin \alpha), \quad (2)$$

где p – интенсивность полосообразной равномерно распределенной нагрузки в кПа;

α – угол видимости.

По заданным координатам ($x = b$, $y = z$) на чертеже наносят положение точки А, которую соединяют прямыми с точками В и С. Угол α между этими прямыми называется углом видимости и определяется с применением тригонометрических функций углов. Вспомогательный угол β образуется при восстановлении перпендикуляра из точки А в точку D (Рис. 1).

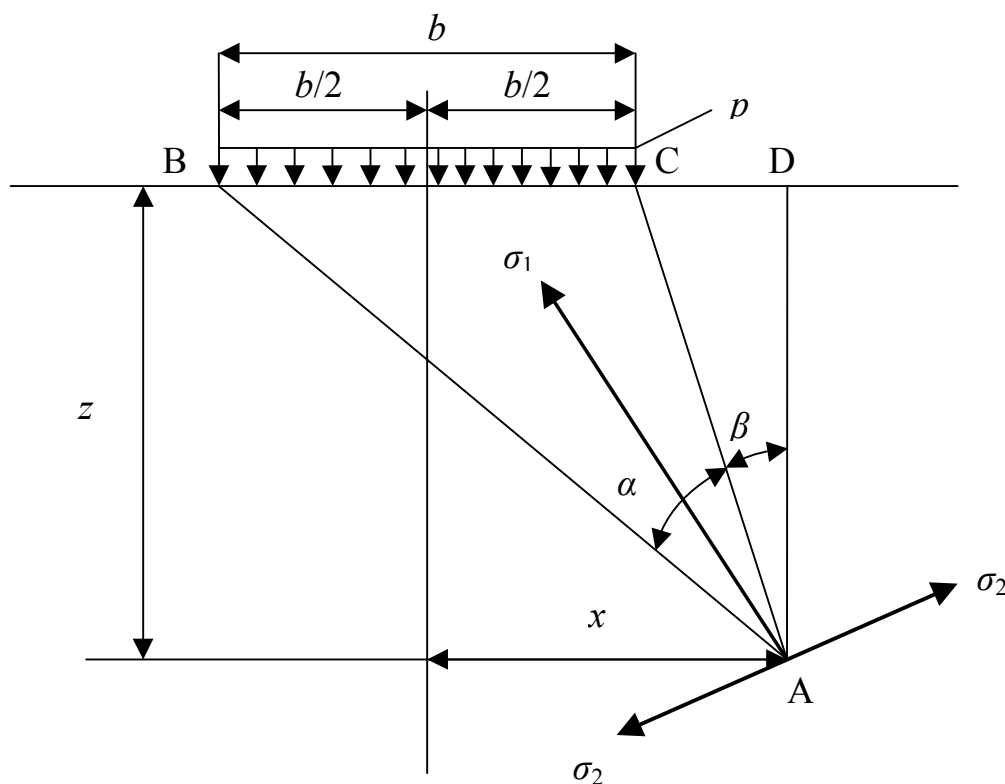


Рис. 1 – Определение главных напряжений в точке А

Найденное значение угла α в градусах и радианах используется для определения главных напряжений в заданной точке А по формулам (1) и (2).

Направление главного напряжения σ_1 совпадает с биссектрисой угла α . Главное напряжение σ_2 расположено на прямой, перпендикулярной к биссектрисе этого угла.

При переводе градусной меры в радианную следует иметь в виду что один радиан принимается равным $57,3^\circ$ ($57^\circ 18'$).

3.2. Определение значений вертикального и горизонтального нормальных напряжений в заданной точке грунтового массива от действия полосообразной нагрузки

Вертикальное напряжение σ_z и горизонтальное σ_x определяются в точке А, которая имеет те же координаты, что и в предыдущей задаче. Принимается то же значение полосообразной равномерно распределенной нагрузки. Используя тригонометрические функции углов и заданные линейные размеры, определяют угол видимости α , а также углы α_1 и α_2 , которые позволяют найти значения σ_z и σ_x по формулам

$$\sigma_z = \frac{P}{\pi} [\alpha - \sin \alpha \cos(\alpha_1 + \alpha_2)], \quad (3)$$

$$\sigma_x = \frac{P}{\pi} [\alpha + \sin \alpha \cos(\alpha_1 + \alpha_2)]. \quad (4)$$

Если угол $(\alpha_1 + \alpha_2)$ окажется больше 90° , тогда по формуле приведения будет $\cos(\alpha_1 + \alpha_2) = -\sin(\alpha_1 + \alpha_2 - 90^\circ)$.

Расчетная схема приведена на рис. 2.

3.3. Определение значений вертикальных напряжений в грунте на заданной глубине под полосообразной нагрузкой и за ее пределами

Найденные значения вертикальных напряжений σ_z в точках А, Е, F используются для построения эпюры этих напряжений по линии I – I, на

глубине z под плоскостью действия полосообразной нагрузки и за ее пределами. Для определения вертикальных напряжений применяют формулу (3). Исходные данные для p и z те же, что и предыдущих задачах.

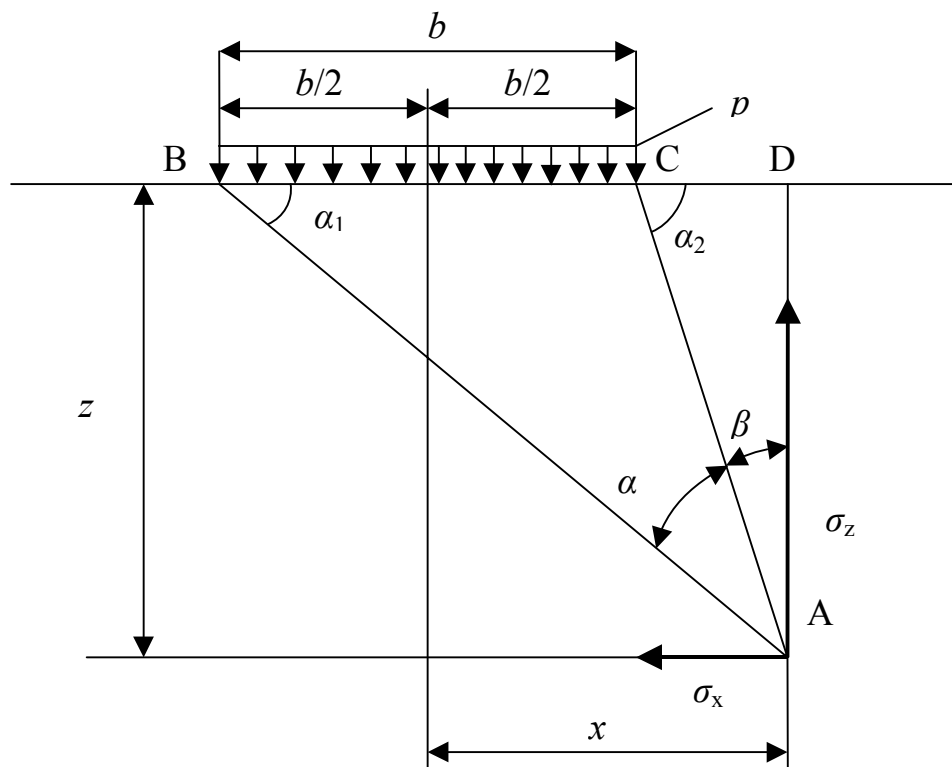


Рис. 2 – Определение вертикального и горизонтального нормальных напряжений

Расчетные точки по линии I – I на глубине z принимаются под центральной осью полосообразной нагрузки ($x = 0$), а также на расстояниях от оси $x = 0,5b$ и $x = b$.

При равномерном распределении полосообразной нагрузки вертикальные напряжения в симметрично расположенных точках А, А' и Е, Е' будут одинаковы. Таким образом, в задаче рассматриваются вертикальные напряжения по линии I – I в 5-ти точках. При этом величину напряжения σ_z в точке А принимают по предыдущей задаче. Пример построения эпюры напряжений показан на рис. 3.

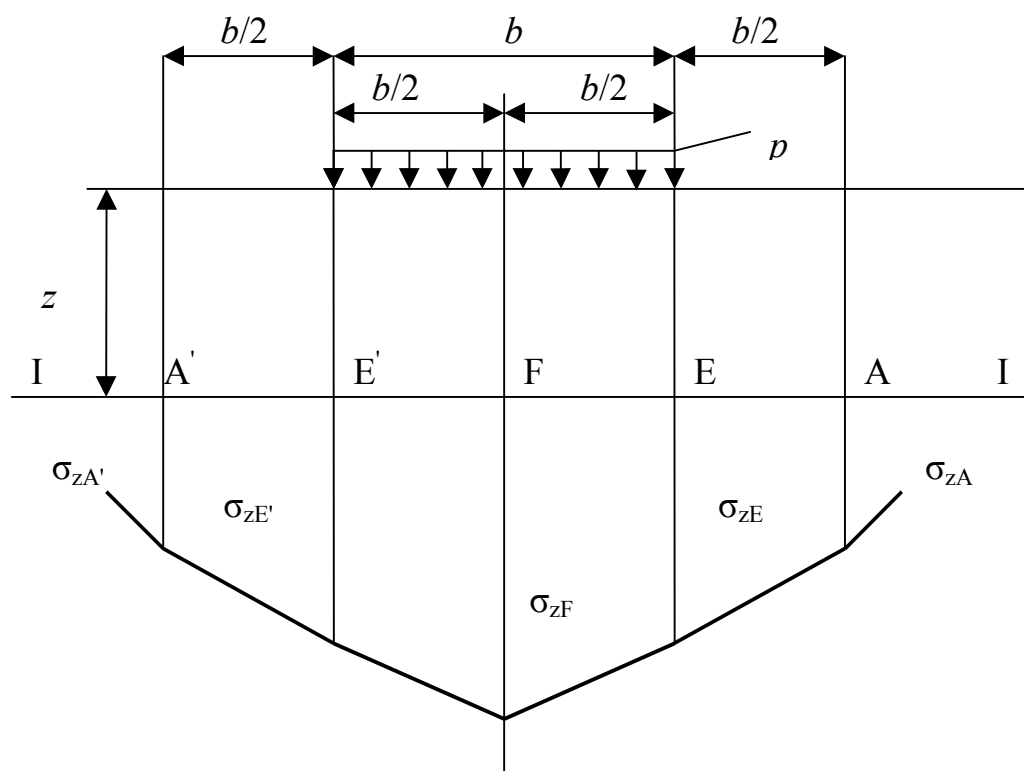


Рис. 3 – Эпюра “ σ_z ” на глубине z

Приложение 1. Индивидуальные задания для выполнения РГР

Для выполнения расчетно-графической работы студент принимает исходные данные (индивидуальное задание) по таблицам 1 и 2.

Таблица 1. Интенсивность полосообразной нагрузки

	Последняя цифра шифра студента									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
P, кПа	150	170	190	210	230	250	270	290	310	330

Таблица 2. Вертикальная координата расчетных точек z и ширина полосообразной нагрузки b

	Начальная буква фамилии студента									
	А,Б,В	Г,Д,Е	Ё,Ж,З	И,Й,К	Л,М,Н	О,П,Р	С,Т,У	Ф,Х,У	Ч,Ш,Щ	Э,Ю,Я
Z, м	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6
b, м	1,2	1,4	1,7	1,6	2,0	1,8	2,3	2,1	2,4	2,7

1. Горизонтальные координаты точек принимаются:

Точка F ($x=0$); точка E ($x = 0,5b$); точка A ($x = b$).

По указанию преподавателя, ведущего занятия, горизонтальные координаты точек E и A могут быть изменены.

2. Координату Z отсчитывают от поверхности действия полосообразной нагрузки, а координату X – от вертикальной оси симметрии полосы.

3. Линейный и силовой масштабы рекомендуется принимать такими, чтобы рисунок помещался на одной трети страницы формата A4.

Приложение 2. Пример расчета.

1. Определение величины и направления действия главных напряжений σ_1 и σ_2 в точке А грунтового массива от действия полосообразной нагрузки (рис. 1).

Исходные данные

Ширина полосы $b = 2,4$ м;

Полосообразная нагрузка $P = 220$ кПа;

Глубина расположения точки А $z = 4,5$ м;

Расстояние от оси симметрии $x = b = 2,4$ м.

Определим угол $\alpha + \beta$.

$$\operatorname{tg}(\alpha + \beta) = \frac{2,4 + 1,2}{4,5} = 0,80. (\alpha + \beta) = 38,66^\circ$$

Вспомогательный угол β :

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{1,2}{4,5} = 0,267. \beta = 14,93^\circ$$

$$\alpha = 38,66^\circ - 14,93^\circ = 23,73^\circ; \sin \alpha = 0,402.$$

Угол α в радианах $\alpha = \frac{23,73^\circ}{57,30^\circ} = 0,414$.

$$\sigma_1 = \frac{P}{\pi}(\alpha + \sin \alpha) = \frac{220}{3,14}(0,414 + 0,402) = 57,17 \text{ кПа}.$$

$$\sigma_2 = \frac{P}{\pi}(\alpha - \sin \alpha) = \frac{220}{3,14}(0,414 - 0,402) = 0,84 \text{ кПа}.$$

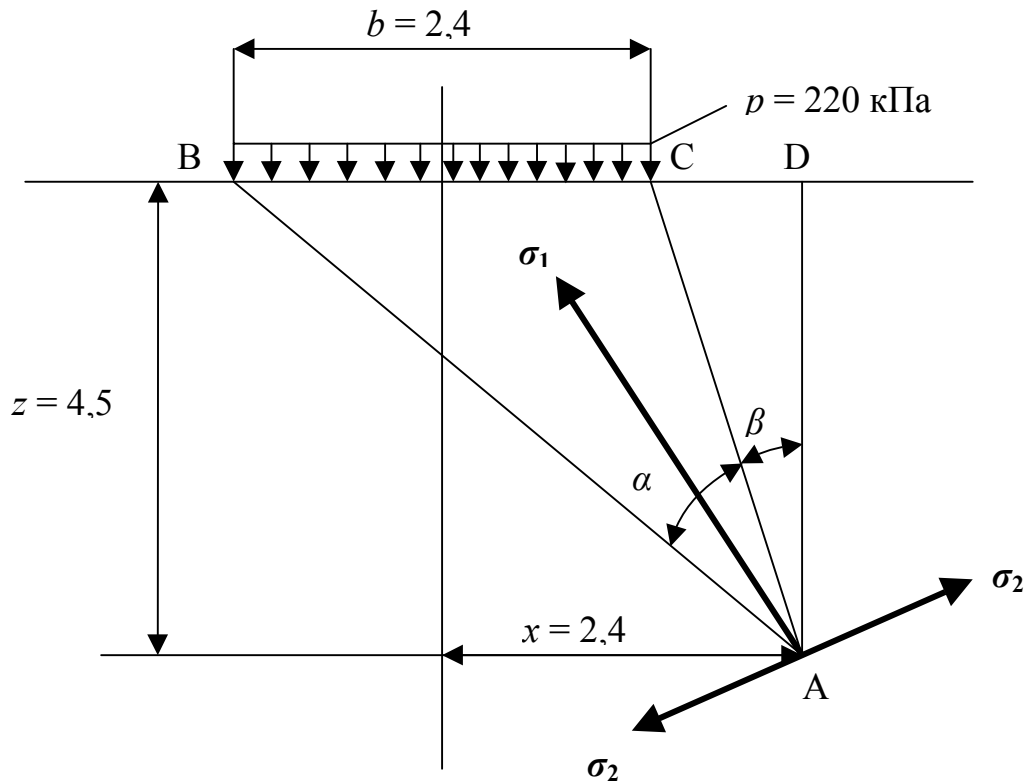


Рис. 1 – Определение главных напряжений в точке А

2. Определение значений вертикального и горизонтального нормальных напряжений в заданной точке А грунтового массива от действия полосообразной нагрузки

Исходные данные те же, кроме того, уже получены значения $(\alpha + \beta) = 38,66^\circ$; $\alpha = 23,73^\circ$; $\sin \alpha = 0,402$; в радианах $\alpha = 0,414$; $\beta = 14,93^\circ$.

Определяем значение углов α_1 и α_2 как дополнительных к углам α и β .

$$\alpha_1 = 90^\circ - (\alpha + \beta) = 90^\circ - 38,66^\circ = 51,34^\circ.$$

$$\alpha_2 = 90^\circ - \beta = 90^\circ - 14,93^\circ = 75,07^\circ.$$

$$\alpha_1 + \alpha_2 = 51,34^\circ + 75,07^\circ = 126,41^\circ.$$

$$\cos 126,41^\circ = -\sin(126,41^\circ - 90^\circ) = -\sin 36,41^\circ = -0,594.$$

Вертикальное напряжение (рис. 2).

$$\sigma_z = \frac{p}{\pi} [\alpha - \sin \alpha \cos(\alpha_1 + \alpha_2)] = \frac{220}{3,14} [0,414 - 0,402 \cdot (-0,594)] = 45,74 \text{ кПа}.$$

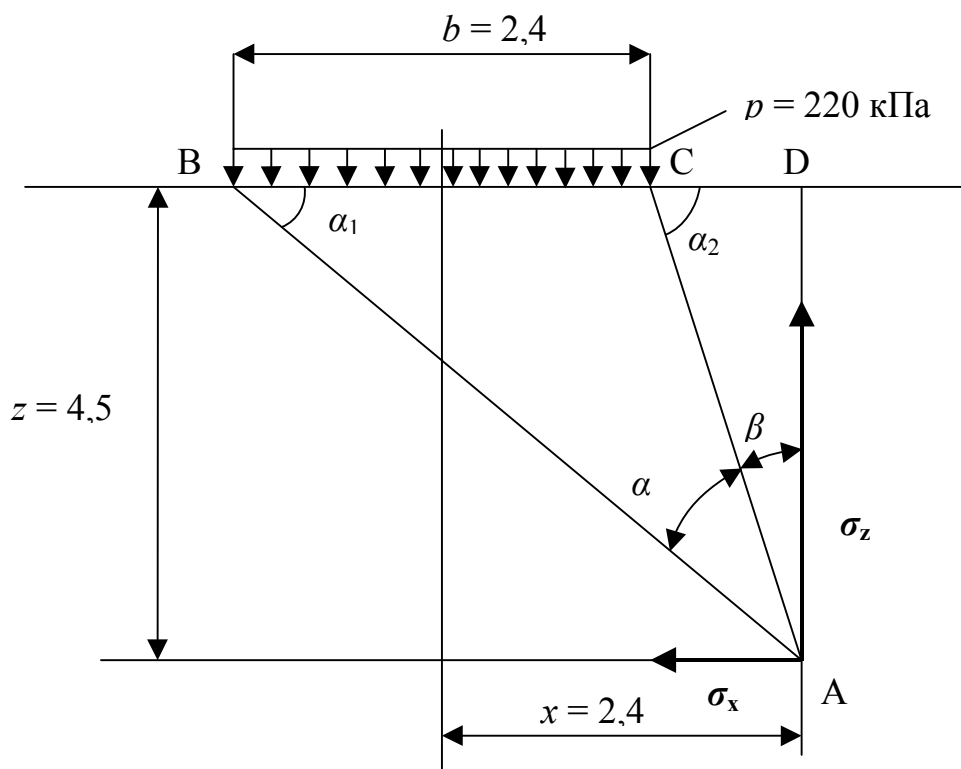


Рис. 2 – Вертикальное и горизонтальное нормальные напряжения в точке А

$$\sigma_x = \frac{p}{\pi} [\alpha + \sin \alpha \cos(\alpha_1 + \alpha_2)] = \frac{220}{3,14} [0,414 + 0,402 \cdot (-0,594)] = 12,28 \text{ кПа}.$$

3. Определение значения вертикального напряжения в точке Е

Исходные данные те же. Расстояние от точки Е до оси симметрии $x = 0,5 \cdot b = 1,2 \text{ м}$.

Определяем угол α (рис. 3).

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2,4}{4,5} = 0,533; \alpha = 28,07^\circ; \sin \alpha = 0,471.$$

$$\text{В радианах } \alpha = \frac{28,07^\circ}{57,30^\circ} = 0,49.$$

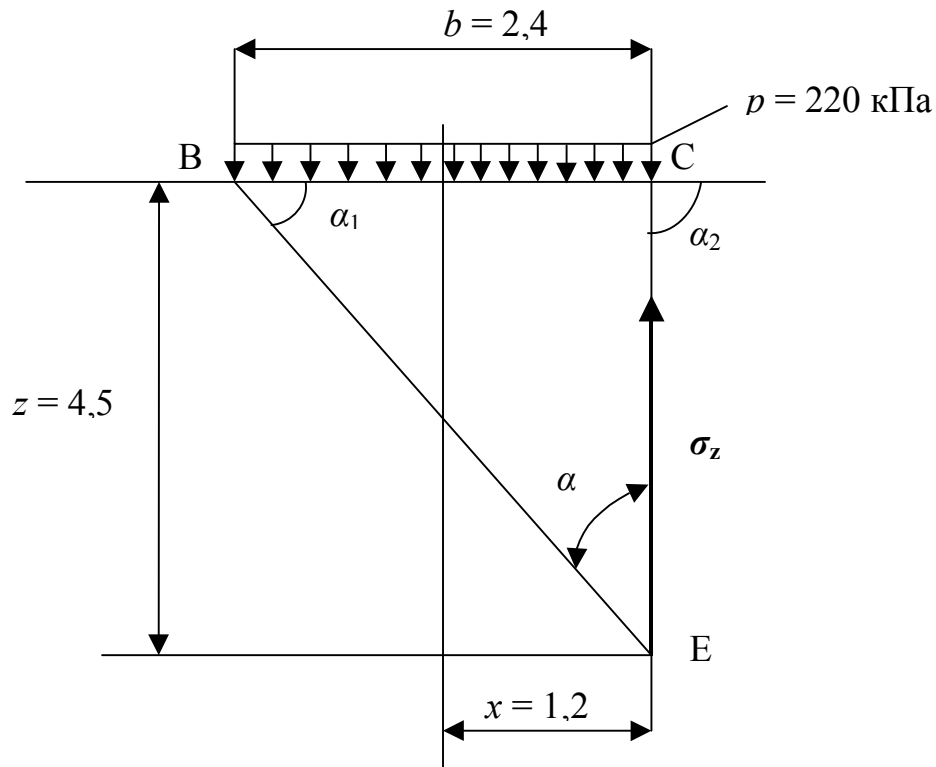


Рис. 3 – Вертикальное напряжение в точке E

$$\alpha_1 = 90^\circ - 28,07 = 61,93^\circ.$$

$$\alpha_2 = 90^\circ.$$

Вертикальное напряжение

$$\sigma_z = \frac{p}{\pi} [\alpha - \sin \alpha \cos(\alpha_1 + \alpha_2)].$$

$$(\alpha_1 + \alpha_2) = 61,93^\circ + 90^\circ = 151,93^\circ. \cos 151,93^\circ = -\sin(151,93^\circ - 90^\circ) = -0,882.$$

$$\sigma_z = \frac{220}{3,14} [0,49 - 0,471 \cdot (-0,882)] = 63,44 \text{ кПа}.$$

3. Определение значения вертикального напряжения в точке F

Исходные данные те же. Расстояние от точки F до оси симметрии $x = 0$.

Определяем угол α (рис. 4).

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{1,2}{4,5} = 0,267; \frac{\alpha}{2} = 14,93^\circ; \alpha = 29,86^\circ; \sin \alpha = 0,494.$$

В радианах $\alpha = 29,86^\circ / 57,30^\circ = 0,521$.

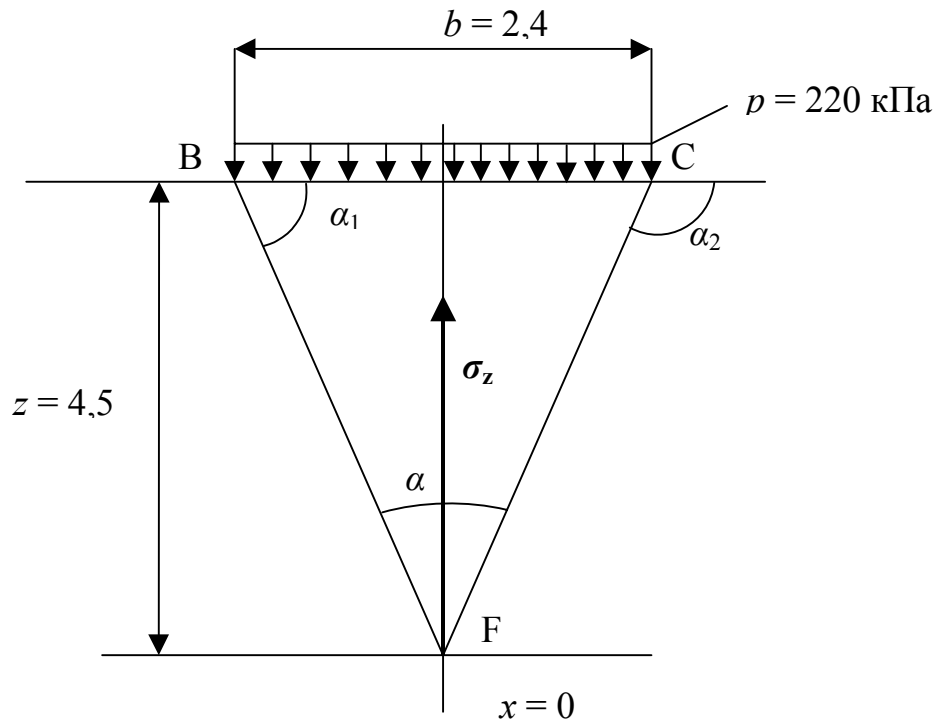


Рис. 4 – Вертикальное напряжение в точке F

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{4,5}{1,2} = 3,75; \alpha_1 = 75,07^\circ.$$

$$\alpha_2 = 180^\circ - 75,07^\circ = 104,93^\circ.$$

$$(\alpha_1 + \alpha_2) = 75,07^\circ + 104,93^\circ = 180^\circ.$$

$$\cos 180^\circ = -\sin 90^\circ = -1$$

$$\sigma_z = \frac{220}{3,14} [0,521 - 0,494 \cdot (-1)] = 71,12 \text{ кПа}.$$

5. Построение эпюры вертикальных напряжений σ_z

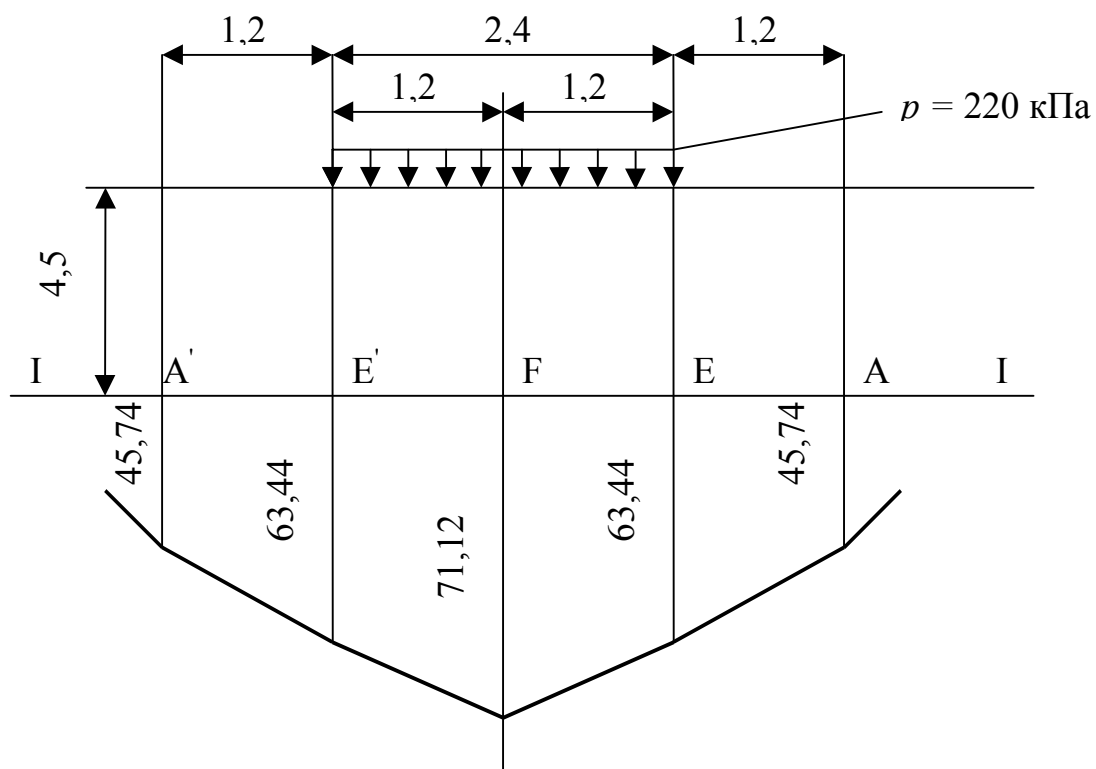


Рис. 5 – Эпюра вертикальных напряжений

В связи с симметричным расположением точек А, А' и Е, Е' относительно центра полосы загрузки вертикальные напряжения в этих точках будут одинаковы (рис. 5).

Список источников

1. Дидух Б. И. Механика грунтов.–М.: Из-во Университета дружбы народов,1990. – С.92
2. Котов М. Ф. Механика грунтов в примерах. –М.: Высшая школа,1968 – С.270
3. Левин С. В. Механика грунтов.– М.: Недра,1964 –С.163.
4. Маслов Н. Н., Котов М. Ф., Зинюхина Н. В. –М.: Высшая школа, 1964.–С.311.
5. Шутенко Л. Н., Лупан Ю.Т., Рудь А. Г. и др. Основания и фундаменты.–Харьков–ХНАГХ.2004.– С679.
6. Цытович Н. А. Механика грунтов.–М.: Стройиздат, 1963.–С.635.
7. ДБН В.2.1–10–2009. Основи та фундаменти споруд – К., 2009.

Навчальне видання

Методичні вказівки до виконання практичних занять та розрахунково-графічних робіт з дисципліни “Основи механіки ґрунтів” (для студентів 3 курсу денної та заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр напрямку підготовки 6.060101 “Будівництво”).

(Рос. мовою)

Укладач **Рудь** Олександр Григорович

Відповідальний за випуск *М. Ф. Бронжаєв*

За авторською редакцією

Комп’ютерне верстання *О. Г. Рудь*

План 2011, поз. 25М

Підп. до друку 19.12.2011 2011 р.

Формат 60x84 1/16

Друк на ризографі

Ум. друк арк.1

Тираж 50 пр.

Зам. № _____

Видавець и виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,

вул. Революції, 12, м. Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua

Свідоцтво суб’єкта видавничої справи:

ДК № 4064 від 12.05.2011 р.